

Ville Luoma

Toimistorakennuksen rungon korotuksen toteutusvaihtoehtojen vertailu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

19.4.2013

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Ville Luoma Toimistorakennuksen rungon korotuksen toteutusvaihtoehtojen vertailu 40 sivua + 4 liitettä 19.4.2013
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Rakennustuotantotekniikka
Ohjaaja(t)	Juha Virtanen, Lehtori Tero Vehmaa, Työpäällikkö Ilkka Laakeristo, Työmaainsinööri
<p>Tämä insinöörityö tehtiin Peab Oy Etelä-Suomen talonrakentamisyksikölle. Insinöörityössä selvitettiin eroavaisuuksia toimistotalon olemassa olevan rungon korotuksen toteutusvaihtoehtoista. Vertailuna olivat mahdollisuudet korottaa runkoa lisäkerroksilla elementti- tai paikallavalurakenteisena. Tutkimukseen valittiin kohde, jossa molemmista rungon toteutusvaihtoehtoista oli tehty suunnitelmat, mutta se päätettiin toteuttaa elementtirakenteisena.</p> <p>Selvityksen tavoitteena oli selvittää näiden toteutustapojen kustannus- ja aikataulueroja juuri tässä kyseisessä rakennuskohteessa. Eroavaisuuksista saatua tietoa voitaisiin käyttää hyväksi muissa mahdollisissa samankaltaisissa rakennushankkeissa ja samalla se toimii selvityksenä, kumpi toteutustapa olisi ollut mahdollisesti parempi.</p> <p>Työn alussa perehdyttiin valittuun tutkimuskohteeseen. Teoriaosuudessa keskityttiin toimistorakennuksen runkoratkaisuihin ja siihen vaikuttaviin sekä tuotantoon vaikuttaviin tekijöihin. Käytännöntutkimuksessa keskityttiin toimistorakennuksen rungon korotuksen toteutustapojen vertailuun. Tuloksina saatiin menetelmien kustannus- ja aikatauluerot.</p> <p>Tuloksista ilmeni, että elementtirakenteinen toteutus rungon korotusosassa oli kannattavampi vaihtoehto tässä tapauksessa. Paikallavalettuna runkotöiden kokonaiskesto olisi ollut noin kuusi kalenteriviikkoa pidempi. Kustannusvertailuna paikallavalurunko olisi tullut noin 17 % kalliimmaksi. Saatuja tuloksia voidaan pitää kuitenkin vain karkeana arviona, sillä paikallavalurakenteisen menetelmän aikataulu- ja kustannustiedot ovat vain oletuksia. Tarkka vertailu menetelmille saataisiin vain, mikäli samanlainen runko toteutettaisiin molemmilla mainituilla vaihtoehtoilla.</p> <p>Tulevaisuudessa korjausrakentaminen, jossa rakennukseen halutaan lisää tilaa kaupunkien keskustoissa, tulee lisääntymään. Tällä tavoin uudisrakentamisella saadaan lisää kerrosalaa vanhoihin rakennuksiin. Tutkimuksessa saatua tietoa voidaan käyttää vastaavalaaisissa projekteissa.</p>	
Avainsanat	rungon korotus, paikallavalu, elementtirakentaminen, toimistorakennus, aikataulu- ja kustannusvertailu

Author(s) Title Number of Pages Date	Ville Luoma Comparison of Increasing Frame Structure in a office building 40 pages + 4 appendices 19 April 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Construction and Site Management
Instructor(s)	Juha Virtanen, Senior Lecturer Tero Vehmaa, Project Manager Ilkka Laakeristo, Site Engineer
<p>This study was done for the facility unit of Peab Oy Southern Finland construction division. In this final year project, cast-in-situ and prefabricated skeletal structures were compared in a case project. The case project was selected, because in both methods plans had been made. The actual lifted skeletal structure was executed with prefabricated elements. The result was to show, which method would be a better solution in this case.</p> <p>Actual costs for the research came directly from accounting and these costs were compared to costs estimate.</p> <p>This study was initiated by introducing the case project. The literature research was focused on the key factors affecting the selection of the office building frame. In the empirical part of the study, both methods were compared. In terms of cost estimate and timetable.</p> <p>The results show, that executing the prefabricated frame was more cost-effective than the cast-in-situ frame. The total construction time whit the cast-in-situ method would have been six weeks longer than whit the prefabricated. The cost comparison showed that the cast-in-situ method would have been 17 % more expensive. The comparison can be only rough, because the information on the cast-in-situ method was an assumption. The real difference could be demonstrated only if construction with both methods had been implemented.</p> <p>The results of this thesis can be used in a similar construction project in the future. This kind of renovation will be increasing, because it will give more floor space to the building.</p>	
Keywords	Increase building frame, cast-in-situ, prefabricated construction, office building, comparison of cost and timetable

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Peab	1
1.2	Tutkimuksen taustaa	2
1.3	Tutkimuksen tavoite	2
1.4	Tutkimusmenetelmät	2
1.5	Tutkimusraportin rakenne	3
2	Kohteen tiedot	3
2.1	Lähtökohdat	3
2.2	Tutkittava kohde	4
3	Rakennuksen runko	6
3.1	Rungon valintaan vaikuttavia tekijöitä	6
3.2	Paikallavaletut betonirunkorakenteet	8
3.2.1	Työvaiheet	10
3.3	Elementtirunko	13
3.3.1	Työvaiheet	16
4	Aikataulu	19
5	Kustannukset	20
5.1	Yleistä	20
5.2	Rakennuskustannuksien määräytyminen	20
5.3	Toteutuneiden kustannustietojen hyödyntäminen muissa hankkeissa	23
6	Rungon toteutus talviolosuhteissa	24
7	Vertailu	29
7.1	Aikataulu	30
7.2	Kustannukset	32
7.3	Logistiikka ja siirrot	34
7.4	Talvirakentaminen	36

8	Yhteenveto	37
	Lähteet	40
	Liitteet	
	Liite 1. Rakenneleikkaus korotettavasta rungosta	
	Liite 2. Pohjakuva kellarikerros	
	Liite 3. Pohjakuva korotusosan kerroksesta	
	Liite 4. Elementtirunko aikataulu	

Määritelmät

LEED-sertifikaatti

Kansainvälisesti tunnustettu merkki siitä, että rakennuksen tai alueen kehitysprojekti on ympäristövastuullinen, kannattava ja tarjoaa terveellisen asuin- ja työskentelyympäristön.

1 Johdanto

1.1 Peab

Peab-konserni on yksi suurimmista pohjoismaisista rakennusyhtiöistä. Alunperin ruotsalainen yritys toimii länsinaapurimme lisäksi myös Suomessa ja Norjassa. Pohjoismaissa yhtiöllä työskentelee noin 15 000 henkeä, joista Suomessa työskentelevien osa on noin 850 henkeä. Koko konsernin liikevaihto on 4.0 miljardia euroa. Peab-konsernin osake noteerataan Tukholman pörssissä. Yrityksen toimialoihin kuuluvat asuntorakentaminen, muu talorakentaminen, korjausrakentaminen, sekä kiinteistötoimintaa. Peab Infra Oy vastaa maa- ja vesirakentamisesta. [29.]

Peab Oy:n toiminta on rakentaa ja kehittää asiakkailleen asunto- ja toimitilaratkaisuja valtakunnallisesti. Yhtiössä yhdistyvät vahva rakentamisen ammattitaito ja innovatiivinen toimintatapa takaa tuotannon ja palveluiden korkean kokonaisuuslaadun. Peab Oy:n rakentama toimistorakennus Moveres Business Garden Pitäjänmäellä sai pohjoismaiden ensimmäisen LEED-sertifikaatin uudisrakennukselle. [29.]

Peab rantautui Suomeen ostamalla korjausrakentamiseen erikoistuneen rakennusyhtiön. Ensimmäinen Suomessa valmistunut työ oli kunnia-arvoisen Hotelli Kämpin saneeraus ja siitä lähtien yhtiön toiminta on laajentunut. Korjausrakentamisen yksikkö toimii julkisivukorjauksissa, asunto- ja toimitilasaneerauksissa. [29.]

Toimitilasaneerauksissa Peab:illa on valmistunut muun muassa seuraavanlaisia kohteita: UNESCON:n maailmanperintölistalla olevassa Suomenlinnassa sijaitsevan Merisotakoulun peruskorjaus, Långvikin kylpylähotellin saneeraus, Järvenpään uimahallin peruskorjaus ja laajennus sekä Grand Marina -hotellin peruskorjaus. Käynnissä olevia saneeraus kohteita ovat USA:n suurlähetystön peruskorjaus ja laajennustyöt sekä Kampissa sijaitsevan toimistorakennuksien saneeraus- ja laajennustöitä, jatkatoimivat tässä insinööritöissä tutkittavana kohteena. [29.]

1.2 Tutkimuksen taustaa

Peab Oy toteutti rakennushankkeen, jossa yksi osa koko hanketta oli vanhan rakennuksen rungon korotus uusilla lisäkerroksilla. Toteutustavaksi kohteessa valittiin elementtirakenteinen runko, vaikka kohteeseen oli alunperin suunniteltu toteuttaa työ paikallavalurakenteisena. Insinööritöä tehtiin, koska haluttiin selvittää, mitä eroavaisuuksia näillä toteutustavoilla olisi ollut keskenään tässä kyseisessä kohteessa.

Tutkittavaksi kohteeksi on valittu Peab Oy:n rakennuskohde, joka sijaitsee Helsingin Kampissa. Kohteessa toteutettavahanke sisältää sekä peruskorjausta että uudisrakentamista. Työmaan erityispiirteitä ovat logistisesti erittäin haastava kohde, haastavat laajennusrakennukset ja kiinteistön käyttäjien läsnäolo koko työmaan toiminta-ajan.

1.3 Tutkimuksen tavoite

Tämän insinööritöön tavoitteena on selvittää paikallavalu- ja elementtirakenteisen toimitustalon rungon korotuksen toteutustapojen eroavaisuuksia valitun kohteen avulla. Vanhan rakennuksen rungon korotukset eivät ole kovinkaan yleisiä, mutta lisääntynyt korjausrakentaminen vanhoille rakennuksille tulee lisäämään tätä rakentamismuotoa. Tavoitteena on löytää eroavaisuuksia rakennustapojen välille ja saada ajankohtaista tietoa kustannus- ja aikataulueroista. Tavoitteena on myös tarkastella asiaa työmaalogistiikan kannalta ja ottaa huomioon myös rungon toteutuksen ajankohdan sijoittumista talviaikaan.

1.4 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusmenetelminä käytetään hyväksi alan keskeisiä dokumenttilähteitä ja haastattelujen sekä kohteen avulla saatua tietoa. Työmaalta saatua tietoa käytetään hyväksi siten, että niitä vertaillaan hankkeen suunnitteluasiakirjoihin ja niiden avulla tehdään kustannus- ja aikatauluvertailu.

1.5 Tutkimusraportin rakenne

Tutkimuksen alussa esitellään tutkimuskohdetta ja tutkimuksen tilannutta yritystä. Kirjallisuusuudessa selvitetään runkotyyppin valintaan vaikuttavia tekijöitä elementti- ja paikallavalurakentamisessa alan kirjallisuudesta ja dokumenteista. Osuudessa saatujen tietojen pohjalta vertaillaan käytännönosuudessa tarkemmin tutkimuskohteeseen vaikuttavia tekijöitä kustannusten, aikataulun ja erilaisten kohteeseen vaikuttavien haasteiden osalta. Tutkimuksessa on käytetty apuna kohteesta otettuja valokuvia.

Käytännöntutkimuksessa vertaillaan tarjousvaiheessa suunniteltua paikallavalurungon toteutuksen aikataulua toteutuneeseen elementtirungon toteutukseen. Lähtötietona käytetään urakoitsijan tarjousvaiheessa laatimaa aikataulua paikallavalurungon toteutukselle. Sitä verrataan työmaalla toteutuneeseen aikatauluun ja näin saadaan näkemys aikataulueroista.

Kustannuksia vertaillaan toteutuneiden kustannuksien osalta kohteessa Peab:in kustannusjärjestelmästä, joita vertaillaan paikallavalurakentamisen kustannuksiin. Paikallavalutoteutuksen kustannukset perustuvat kustannuslaskelmavaiheessa tehtyihin laskelmiin.

2 Kohteen tiedot

2.1 Lähtökohdat

Työnkohteena oli Peabin urakoimasaneeraus- ja laajennuskohde Helsingin Kampissa. Työmaan nimi on Kampin Huippu ja se käsittää kolmen kiinteistön laajennusrakentamista, käyttötarkoituksen muutoksia tiloissa sekä peruskorjaustyötä.

Tässä tutkimuksessa tutkittavana kohteena on rakennus, joka on rakennettu vuonna 1955. Rakennuksen kantava runko on paikallavalettu pilarilaatasto. Rakennuksen olemassaolevaa runkoa lähdettiin korottamaan uusilla lisäkerroksilla. Rakennuksen vanhaa teräsbetonirunkoa vahvistetaan ensin kalliosta kattoon pilareiden ympärille manttelioimalla uudet, isommat pilarit. Vahvistuksien jälkeen tehdään väliaikainen sääsuojaus nykyiseen yläpohjaan ja puretaan vesikatto. Lisäksi tehdään uusi liittorakenteinen run-

ko (liittopilarit, deltapalkit, ontelolaatat). Lopuksi puretaan vanha ulkoseinä (suojaseinä) nykyisten käyttäjien ja työmaa-alueen väliltä.

2.2 Tutkittava kohde

Työssäni tarkastellaan kiinteistön rungon korottamista lisäkerroksilla [kuva 1]. Kiinteistössä kaksi kerrosta sijaitsee maan alla ja kolme kerrosta maan yläpuolella sekä ullakkotila. Rakennuksen rakenneleikkauskuvassa [liite 1] on esitetty uusien kerroksien sijoittuminen vanhan rungon päälle. Kerroksien lisäyksiä vuoksi rakennuksen ullakkotila ja vesikatto purettiin, ja niiden päälle tulivat uudet kerrokset.



Kuva 1. Kuva kohteesta ennen ullakon ja vesikaton purkua [28].

Lisäkerroksien tuoman lisäpainon vuoksi tarvittiin vahvistusta alempien kerroksien pila-reille. Kuvassa 2 nähdään pilarit ennen ja jälkeen vahvistuksien. Kuva on alimmaisesta kerroksesta, joka toimii pysäköintitilana. Samat vahvistukset tehtiin jokaisessa kerrok-sessa aina vanhaan vesikattoon saakka. Pyöreät pilarit mantteloitiin paksummiksi neli-

ön muotoisiksi pilareiksi [liite 2], jotta ne kestävät kannatella lisärunkoa. Pilarien ympärille lisättiin raudoitusta ja lisätty raudoitus injektoitiin olemassa oleviin pilareihin. Betonivalu tapahtui aina kerroksen yläpuolelta holvilta, johon oli tehty valua varten valureiät.



Kuva 2. Pilarin vahvistukset ennen ja jälkeen. [28].

Alapuolisiin kerroksiin tehtiin jäykistävät seinät paikallavaluna. Rungon korotusosan jokaiseen kerrokseen tehtiin jäykistävä kehärakenne vanhan ja uuden rungon välille.

Tarjouspyyntövaiheessa kohteen rungon korotus oli suunniteltu tehtäväksi paikallavalurakenteisena. Tutustuessaan kohteeseen urakoitsija kuitenkin vielä tutki ja selvitti vaihtoehtoisia ratkaisuja rungon toteutukselle. Kohteeseen ei katsottu olleen mahdollista saada mahtumaan torninosturia työmaalle johtuen sen sijainnin ja ahtauden vuoksi. Urakoitsija sai kuitenkin oivallisesti suunniteltua torninosturin [kuva 3] mahtumaan työmaalle, mikä antoi mahdollisuuden toteuttaa rungon korotuksen vaihtoehtoisesti myös elementtirakenteisena. Tämä koettiin parhaimmaksi vaihtoehdoksi ja näin se myös toteutettiin.



Kuva 3. Torninosturi työmaalla. [28].

3 Rakennuksen runko

3.1 Rungon valintaan vaikuttavia tekijöitä

Rakennuksen kantavien rakenteiden muodostaman rungon tarkoituksena on kannatella muista rakennusosista muodostuvat kuormat ja siirtää ne runko-osien kautta maape-

rään. Kuormitukset kulkeutuva rungon kautta perustuksiin, joka on kosketuksissa maaperään sellaisenaan tai paalujen kautta. [1, s.61.]

Rungolta vaaditaan kestävyyttä, jotta se pystyy kannattelemaan kuormia ja rasituksia. Rakennuksen täytyy säilyttää lujuus ja jäykkyys koko sen elinkaaren ajan, jopa poikkeuksellisissa kuormitustapauksissa, kuten tulipalon sattuessa. Kantaville rakenteille on annettu määräys Suomen rakentamismääräyskokoelmassa.[1, s.61.]

Kantaviin rakenteisiin käytettävien rakennusaineiden ja -tarvikkeiden tulee soveltaa tarkoitettuun käyttökohteeseen ja niillä tulee olla riittävät lujuus- ja säilyvyysominaisuudet. [2, s.2.]

Rakennuksen runko on yleensä pitkäikäisin osa rakennusta. Rungon valinnalla on merkittävä vaikutus koko rakennukseen sen elinkaaren aikana. Vaikutusta on järjestelmien elinkaarikustannuksiin ja erilaisiin laatuominaisuuksiin. Mikäli virheitä tehdään runkovaiheessa, on virheiden korjaaminen myöhemmin usein hyvin kallista ja vaikeaa, ellei jopa mahdotonta.[3.]

Luonnossuunnitelmavaiheessa rakennukselle valitaan sen runkojärjestelmä. Siinä vaiheessa on jo selvää rakennukselta vaadittavista asioista, kuten rakennukseen ja sen tiloihin vaikuttavat kuormitukset eri tiloista, rakennettavan pinta-alan laajuus ja paloluokitukset. Vaihtoehtoja rungon toteutukselle on paljon. Jotta päästään optimaaliseen runkojärjestelmään, täytyy monia eri asioita ottaa huomioon ennen valinnan suorittamista. [4, s.12.]

Rungon toteutuksen suunnittelussa täytyy tarkastella monia seikkoja ennen kuin päästään lopulliseen ratkaisuun. Ratkaisut voidaan tehdä monien eri seikkojen pohjalta ja on hyvä ensimmäiseksi kartoittaa muutamia asioita, joita vaaditaan runkojärjestelmältä. Toiminnallisten tavoitteiden saavuttaminen on tärkeää, jotta rakennusta voidaan käyttää ja se toimii tilaratkaisultaan sellaisenaan, kuin sen on haluttu toimivan. [5, s.2-4.]

Toimisto- ja liikerakennuksissa tilojen käyttötarkoitus voi ajan myötä muuttua, joten tiloja olisi silloin saatava muuttaa käyttötarkoituksen muuttuessa. Tiloilta vaaditaan siis muutosjoustavuutta niin, että muutoksia voidaan tehdä ilman, että rakennuksen runkojärjestelmiä jouduttaisiin muuttamaan. Näin joudutaan siis jo suunnitteluvaiheessa varautumaan muuttuviin mitoituskuormituksiin ja myös muuttuviin palonkestoon, kun tilan käyttötarkoitus muuttuu. Rakenteet olisikin hyvä mitoittaa suurempiin kuormiin kuin

mitä tiloihin on tulossa, jotta rakennukseen voidaan jälkeenkäin sijoittaa muutakin toimintaa kuin sinne on alunperin tulossa. [3.]

Kantavan rungon rakenteet vievät tilaa rakennuksen sisältä ja on näin pois käyttöön tarkoitetuista tiloista. Muuttuvissa toimisto- ja liiketiloissa pystyrakenteiden sijoittelulla ja jänneväliden valinnassa tärkeää, että varaudutaan näihin mahdollisiin muutostarpeisiin. Tilojen käyttäjillä on yleensä omia haluja tilojen suhteen, joten yleensä jänneväliden ja pystyrakenteiden tulisi olla niin suuria, että muutokset ovat mahdollisia. [3.]

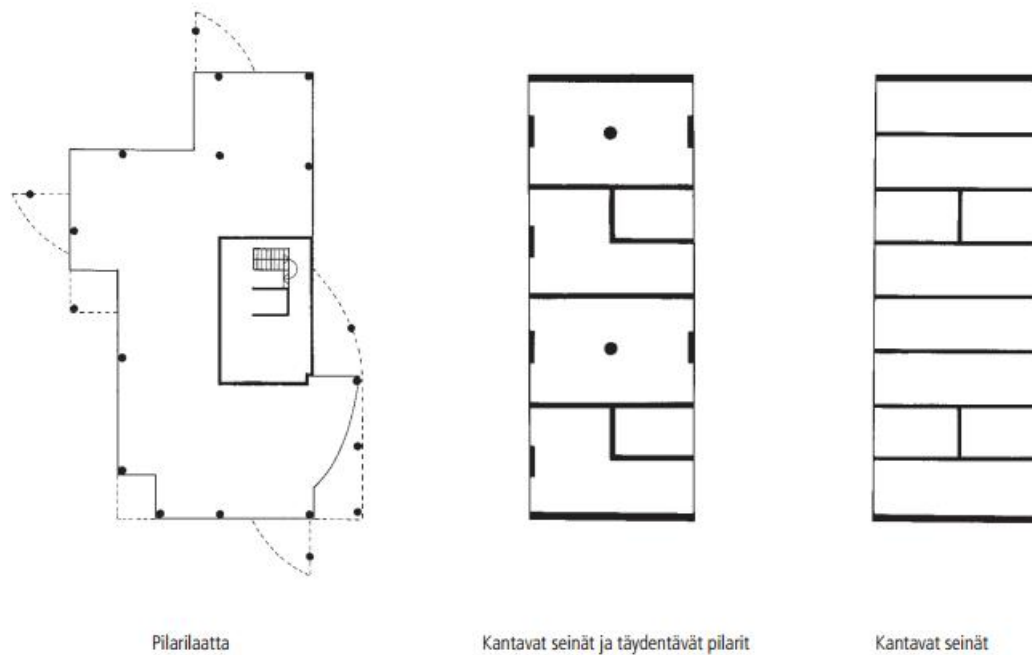
Rakennukseen sijoitetaan paljon LVIS-tekniikoita, jotka nekin vaativat rakennuksesta tilaa koko ajan enemmän ja enemmän. Laitteiden tekniikka muuttuu ja niitä joudutaan myös vaihtamaan tekniikan kehittyessä. Tämä kehityssuunta koskee etenkin toimisto- ja liikerakennuksia. Talotekniikan sijoittelussa on annettava mahdollisuus suorittaa sen mahdolliset korjaus- ja uusimistyöt joustavasti. [3.]

Runkojärjestelmiä on valittavana monia eri vaihtoehtoja. Järjestelmät voidaan jakaa kolmeen pääryhmään riippuen siitä, miten se aiotaan toteuttaa. Runko voidaan toteuttaa paikalla rakennettuna ja valettuna eli paikallavalettuna ratkaisuna. Kokonaan elementtein koottuna rakennus tai menetelmiä voidaan keskenään yhdistää niin, että osa rakennetaan paikallavaluna ja osa elementteinä eli yhdistelmärakenteena. [1, s. 61; 6, s.191-192.]

3.2 Paikallavaletut betonirunkorakenteet

Runkorakenteena paikallavalurunko voidaan joustavasti suunnitella ja toteuttaa. Tilat voidaan suunnitella niin, että niihin voidaan sijoittaa monenlaisia eri käyttötarkoituksiin sopivia tiloja, kuten asuntoja, toimistoja tai liiketiloja. Tilojen erilaiset kuormitukset otetaan huomioon rakenteiden suunnittelussa ja mikäli vaihtelevia kuormia on, voidaan paikkakohtaisesti lisäämällä raudoitusta tai laatan paksuuden muuttamista ottaa huomioon vaihtelevat kuormitukset. [5, s. 2.]

Paikallavalurungon kantavien pystyrakenteiden osina [kuva 4] voidaan käyttää joko kantavia seiniä, kantavia pilareita eli niin sanottua pilarilaattaa tai näitä kahta yhdistelemällä niin, että on kantavat seinät ja niitä täydentävät pilarit. Näistä yleisin ratkaisu on pilarilaattajärjestelmä. [7, s.30.]

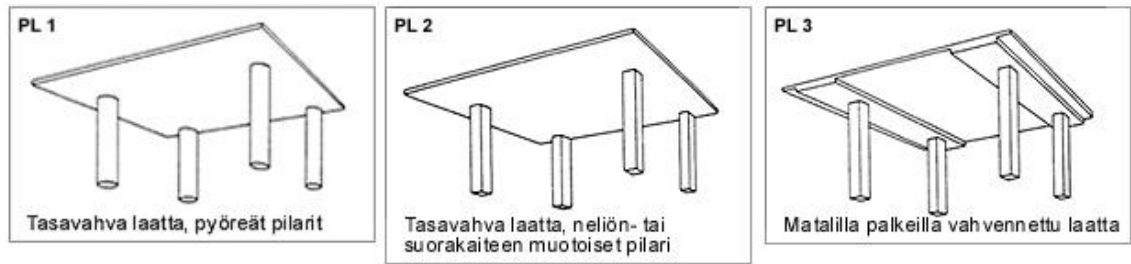


Kuva 4. Paikallavalurungon kantavia pystyrakenteita. [7, s. 30].

Kantavien osien vaakarakenteiden vaihtoehtoina on tasavahva laatta tai yhteensuuntaan palkeilla vahvennettu laatta. Arkkitehtonisista syistä voidaan poikkeustapauksissa käyttää kevennettyä laattoa. [7, s. 30.]

Paikallavalettavat laatat, jotka ovat tasapaksuja sekä ylä- ja alapinnaltaan sileitä, ovat niin sanottuja massiivilaattoja. Niillä ei kuitenkaan päästä kovinkaan pitkiin jännevälimittoihin, koska laatan omapaino kasvaa liian suureksi. Laatat voidaan tehdä joko jännittämättöminä tai jälkijännitettyinä. Jännitetyillä rakenteilla päästään entistä pidempiin jänneväleihin ja hoikempiin rakenteisiin. [1, s. 63.]

Toimisto- ja liikerakennuksilla paikallavalu runkojärjestelmänä tulevat yleensä kuvan 5 osoittamat ratkaisut. Ensimmäinen vaihtoehto on pilarilaatta, jossa on tasavahva välipohjalaatta. Pilarit voivat olla joko pyöreän- tai neliönmuotoisia. Toinen vaihtoehto kuvassa 5 on palkkikaistalla vahvennettu laatasto. [6, s. 4.]



Kuva 5. Paikallavalettavan rungon perusvaihtoehdot. [3].

Rakenteet toteutetaan pääsääntöisesti pilarilaatastolla. Toimisto- ja liikerakennuksissa halutaan päästä yleensä mahdollisimman pitkiin jänneväleihin, jotta tiloja on mahdollisuus muunnella käyttötarkoituksen muuttuessa. Järjestelmällä päästään suurempiin, avoimempiin ja yhtenäisiin tiloihin.[6, s. 4.]

3.2.1 Työvaiheet

Vaiheita on suunniteltu ennen betonitöitä, jotta työ sujuisi mahdollisimman esteettömästi. Työvaiheet työmaalla voidaan jakaa kolmeen eri osaan, jotka ovat muottityö, rauditus ja betonointi. Betonoinnin jälkeen kovettumisvaiheessa oleva betoni tarvitsee myös jälkihoitoa, jotta päästään rakenteelle sille vaadittaviin laatuominaisuuksiin. [8.]

Muottityö

Betonipinnan ulkonäköön ja laatuun vaikuttavat oleellisesti käytetyn muottimateriaalin lisäksi muottirakenteen lujuus ja tiiveys. Tuore betonimassa aiheuttaa valupainetta, jonka muotin on kestävä. Betonimassa vaatii myös tiivistystä, joka sekin aiheuttaa muotteihin painetta. [8.]



Kuva 6. Holvin muottityö käynnissä. [28].

Kuvassa 6 on nähtävissä holvin toteutus kohteessa, kun pihatasonle tehtiin uusi pihakansi. Holvi toteutettiin paikallavaluna tasavahvana laattana neliönmuotoisilla pilareilla. Kuvanottohetkellä holvityö on juuri käynnissä.

Raudoitus

Raudoituksen tehtävänä on vahvistaa betonirakennetta vetolujuuden ja leikkausvoiman osalta, koska betonilla nämä ominaisuudet ovat pienet. Näin betoniin asennetut raidat lisäävät lujuus- ja kestävyysominaisuuksia, jolloin rakenne kestää kuormituksia enemmän. Raudoitus koostuu työmaalla kahdesta eri vaiheesta, esivalmistuksesta ja asennuksesta. Raudoituksen aloittaminen on riippuvainen muottityöstä siten, että kun muottipinta on valmis, voi raudoituksenkin aloittaa. Koko muotin ei tarvitse olla valmis, vaan työ voidaan aloittaa muottityön edetessä. [1, s. 75-76.]

Betonointi

Ennen betonointia on muottipinta hyvä ensin käsitellä esimerkiksi muottiöljyllä. Valu tapahtuu mahdollisimman läheltä muotin pohjaa, jotta kiviainesrakenteet ja vesi eivät erottuisi betonimassasta. Betonoinnin yhteydessä betonimassa tiivistetään yleisimmin sauvatäryttimellä. Tiivistämisen tarkoituksena on täyttää muotit siten, että massa leviää helpommin raudoituksen ja muottien väliin. Se myös auttaa ylimääräisen ilman poistumisen massasta ja runkoaine hakeutuu lähemmäksi toisiaan. [8.]

Kun massa on valettu pinnalle tasaisesti, alkaa betonipinnan oikaisu oikolaudalla asetetun korkojen mukaan. Oikaisun jälkeen betonin kuivumisesta ja tiivistymisestä johtuen pinta alkaa himmetä ja se on hierrettävä käsin tai koneellisesti. Pinnan hierto tasaa ja tiivistää betonin pintaa, joka kasvattaa sen lujuutta ja kestävyyttä. [1, s. 79.]

Valmis betonipinta täytyy olosuhteiden mukaan suojata ja lämmittää, jotta betonin lujuudenkehitys jatkuisi ja rakenne saavuttaisi tavoitellun lujuuden ja kestävyuden [1, s. 74].

Betonin saavutettua kestävyys- ja lujuusominaisuudet, se kestää mahdolliset kuormat ja tällöin muottirakenne voidaan purkaa ja pudistaa. Muottikiertosuunnitelmalla on suunniteltu samojen muottikalustojen käyttö kohteessa niin, että kalusto on tehokkaasti käytössä ja muottityö on ohjattu muihin työvaiheisiin. [1, s. 74.]

Tuenta

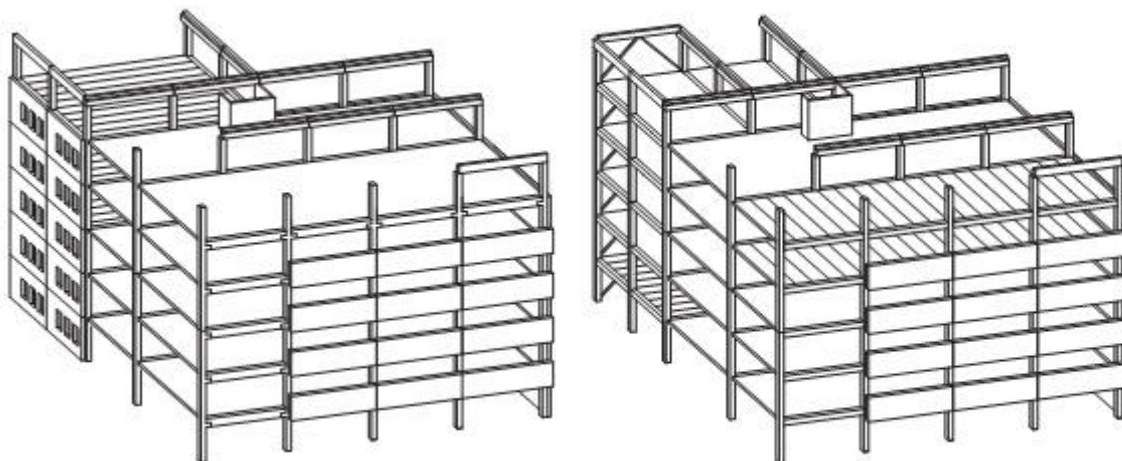
Holvi tuetaan muottipinnan alapuolelta. Tuentaa on paljon, joten alapuolella tilaa ei voida käyttää hyväksi. Kuvasta 7 voidaan nähdä, ettei alapuolella olevaa tilaa voida käyttää edes varastointitilana, sillä tilaa on minimaalisesti.



Kuva 7. Holvintuenta alapuolella. [28].

3.3 Elementtirunko

Betonielementtirakenteet ovat yleisin tapa toteuttaa monikerroksisen rakennuksen runko muun muassa asuin-, toimisto- ja liikerakennuksissa. Elementtien käyttö rakentamisessa perustuu moniin eri tekijöihin. Elementit valmistetaan sisätiloissa laadun valmistuksen alaisuudessa, joka takaa rakenteen hyvän laadun. Tehdasvalmistuksessa on mahdollista käyttää korkealaatuista betonia ja betonointi ei ole alttiina vaihteleville sääolosuhteille, vaan sisätiloissa olosuhteet ovat vakioita. Elementein voidaan toteuttaa koko rakennuksen runko. Rakennusaika yleensä työmaalla lyhenee ja rakennus saadaan nopeasti hyötykäyttöön. Elementtejä on kehitelty vuosikymmenien ajan ja suunnittelu tapahtuu vakioratkaisuin ja vakioliitososin. [9, s. 2.]



Kuva 8. Pilari-palkkirunko ja monikerrospilarirunko piilokonsoleilla [9, s. 7-8].

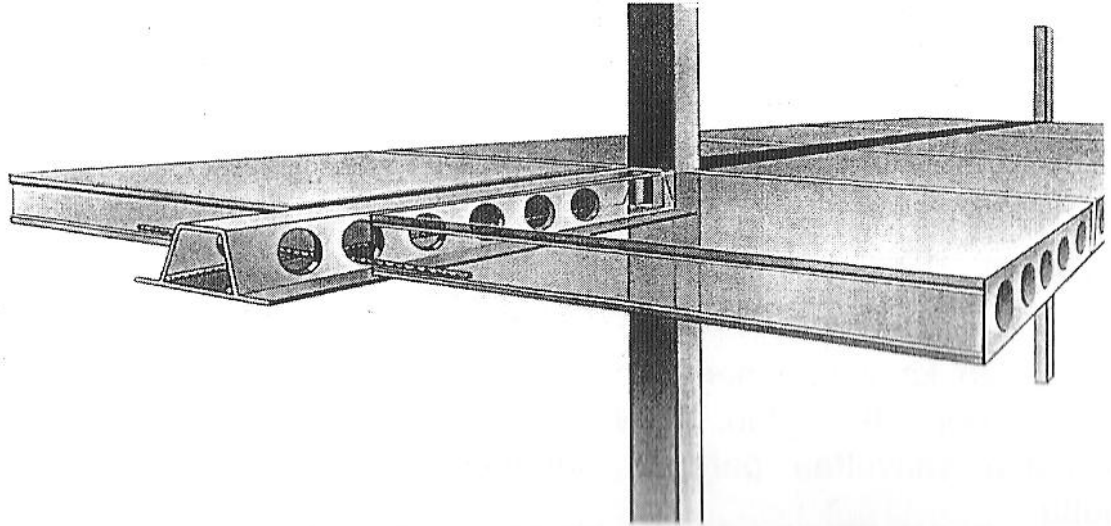
Kuvassa on yleisimpiä toimisto- ja liikerakennuksissa käytettäviä runkojärjestelmiä. Pilari-palkkirunkojärjestelmä on Suomessa yleisin. Kuvassa kantavina pystyrakenteina toimivat kolmen kerroksen korkuiset betonielementtipilarit ja vaakarakenteissa ontelolaatat ja leukapalkit. Monikerrospilarirungossa rakennuksen palkit on tuettu elementtipilareissa oleviin piilokonsoleihin. Runko voidaan toteuttaa myös kantavin julkisivuseinin, jolloin rakennuksen sisälle saadaan yhtenäistä vapaata tilaa ilman pilareita. Rakenne rajoittaa kuitenkin ikkuna-aukotusten kokoa ja keskinäisiä linjauksia. [9, s. 7-8.]

Elementtijärjestelmien laajamittaisen valtakunnallisen käytön on taannut avoin BES-järjestelmä. Siinä on standardoitu betonielementit ja niiden liitosdetaljit. Se mahdollisti vapaat vaihtelumahdollisuudet suunnitteluille. Runko-BES on tarkoitettu teollisuus-, liike- ja julkisia rakennuksia varten. Se on pilari-palkkirunkojärjestelmä, jossa runkojärjestelmän osat ovat kokonaan betonielementtejä tai yhdistelmärakenteita. Toimistorakennuksissa voidaan esimerkiksi toteuttaa pilarit ja palkit teräksistä ja välipohjissa ontelolaatoilla. [6, s. 442-443.]

Toimisto- ja liikerakennuksissa yleisesti käytössä oleva yhdistelmä- ja liittorakenteet on eri materiaaleista koottu rakenneosa. Siinä osat ovat liitoksissa toisiinsa ja näin se toimii yhtenäisenä rakenteena. Erimenetelmiä on lukuisia [6, s. 452]. Kohteessakin käytetty järjestelmä oli teräspalkin ja pilarin sekä ontelolaatan muodostama liittorakenne [kuva 6].

Perusajatuksena liittorakenteita käytettäessä on käyttää tiettyä materiaalia siinä rakenteen osassa, jossa sen ominaisuuksia voidaan hyödyntää tehokkaammin ja taloudelli-

semmin. Elementit asennetaan niin, että ne ovat yhteydessä toisiinsa. Liittorakenteen jäykkyys ja kantokyky on huomattavasti suurempi verrattuna siihen, jos rakenneosia tarkasteltaisiin irrallisina rakenteina. [10.]



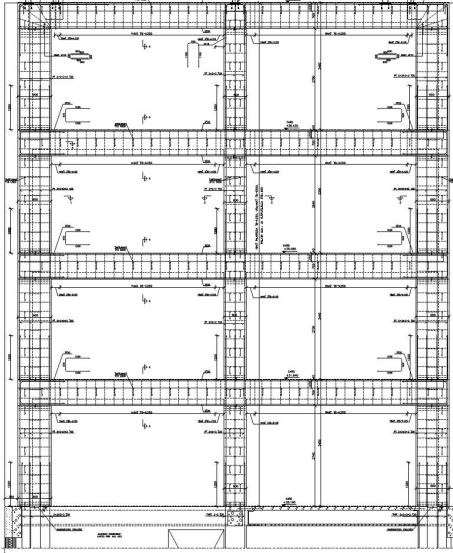
Kuva 8. Teräspalkin ja ontelolaatan muodostama liittorakenne [6, s. 452].

Kuvassa 8 esitetty delpalkki on teräslevyistä hitsattu ontto palkki. Ontelolaatta asennetaan palkille, jossa sen leuat kannattelevat sen painoa. Kun kuormitus on palkissa, molemmilla puolilla käytetään keskipalkkia, jossa leuat ovat molemmilla puolilla. Reunalla käytetään yksileukaista reunapalkkia. Ontelolaattojen jälkeen palkin sivussa oleviin reikiin asennetaan raudat ja palkki sekä onteloiden saumat valetaan työmaalla. Kovettumisen jälkeen rakenne on yhtenäinen.[11, s. 4,17.]

Delpalkkien täyttö tehdään ontelolaattojen saumavalun yhteydessä. Betonimassan ominaisuudet valitaan kohteen ja menetelmien mukaan. Valussa valetaan palkki täyteen palkinpäällä olevista reiästä ja tärytetään tärysauvalla. [11, s. 15.]

Jäykistystapa pilari-palkkijärjestelmässä voidaan toteuttaa eritavoin. Yleinen tapa yksikerroksisissa teollisuus- ja liikerakennuksissa on käyttää niin sanottua mastojäykistystä. Siinä pilari kiinnitetään jäykästi perustuksiin ja mitoitetaan kestävänsä kaikki ulkoiset ja sisäiset kuormitukset. Tapaa ei käytetä korkeissa rakennuksissa pilarien koon kasvessa, koska se ei ole taloudellisesti kannattavaa. Vaihtoehtoisesti runko voidaan jäykistää erilaisten jäykistävien seinien tai porrashuone- ja hissikuilurakenteiden avulla

[6, s. 444]. Kohteessa käytettiin vanhan ja uuden rungon välille tehtyä jäykistävää kehää [kuva 9, 10]. Jäykistävä kehä tehtiin paikallavalunrakenteena.



Kuva 9. Jäykistävä keharakenteen rakennepiirustus pihasiiven korotus osassa. [22].

Kuva 10. Jäykistävä keharakenteen toteutus kerroksessa. [28].

3.3.1 Työvaiheet

Työmaalla elementtityöt voidaan jakaa paikallavalurakentamisen tapaan karkeasti kolmeen eri työvaiheeseen, mutta nämä poikkeavat paljon toisistaan. Elementtityövaiheisiin liittyviä töitä ovat elementinvastaanotto työmaalle, asennus ja jälkityöt. Ennen elementtien asentamista on päätoteuttajan huolehdittava, että elementtirakentamiseen liittyvät suunnitelmat on tehty ja ne on kirjallisina työmaalla. Ennen töiden alkua täytyy myös olla selvillä elementtitöihin liittyviä asioita, kuten nosturilla nostettaessa elementtejä ei noston aikana nostoalueen alapuolella saa olla liikennettä. [1, s. 97-108.]

Vastaanotto

Elementtejä kuljettavat rekat ovat yleensä isoja ja vaativat paljon tilaa, joten mikäli tontti on pieni, voidaan vastaanotto tehdä suoraan kadulta. Rekan saapuessa työmaalle on varmistettava, että nostoväline, purkualue ja työntekijät ovat valmiina. Tässä vaiheessa elementit on syytä tarkastaa, ettei rikkiinäisiä osia lähdetä nostamaan ja aiheuteta vaa-

ratilanteina. Mahdollisista virheistä elementissä merkitään välittömästi rahtikirjaan ja rikkoutunut osa on hyvä myös dokumentoida, esimerkiksi kuvaamalla, josta tieto vaurioista lähetetään elementtitehtaalle. [1, s. 97-99.]

Kuormaa nostettaessa käytetään apuna nostokalustoa eli yleensä ajoneuvonosturia tai torninosturia. Kuorma puretaan elementtitoimittajan ohjeiden mukaisesti. Nostoja tehdessä on oltava tiedossa elementin painopisteen sijainti. Nostot voidaan tehdä välivarastoille tai nostaa suoraan paikoilleen. Nostaessa suoraan paikalleen vältetään välivarastoinnilta työmaalla. Joissakin tapauksissa, kuten ahtaissa saneerauskohteissa, ei työmaalla välttämättä ole tilaa varastoida isoja elementtejä, joten ne on nostettava suoraan asennettavaksi paikoilleen. [1, s. 97-99.]

Asennus

Hyvin suunniteltu elementtiasennus nopeuttaa työtä. Asennettaessa täytyy huomioida asennusjärjestys, joka tulee olla asennusryhmän selvillä ja tulee ilmetä jo tilauslomakkeesta. Elementtiasennusryhmän jäsenillä on kaikilla oma tehtävänsä. [1, s. 102-105.]

Elementtejä asennettaessa täytyy noudattaa rakennesuunnittelijan antamia ohjeita asennusaikaisen vakavuuden saavuttamiseksi. Pilaria asennettaessa kahdella vierekkäisellä sivulla olevat tuet mahdollistavat asennuksen hienosäädön. Nosturi voidaan irrottaa, kun tuet ovat paikoillaan ja kuormituksen voi aloittaa, kun asennushitsaustyö on tehty. [1, s. 102-105.]

Kuvassa 11 on tutkimuskohteessa tapahtuva pilarin asennustyö käynnissä. Pilaria kannatellaan nosturilla, kun asennusryhmä kiinnittää ja hienosäätää vinotukia paikoilleen. Kuvassa oikealla nähdään jo kiinnitetty pilari.



Kuva 11. Pilarin asennustyö käynnissä. [28].

Jälkityöt

Asentamisen jälkeen osat täytyy liittää yhteen, jotta ne toimisivat yhtenä rakenteena. Juotosliitos on yksikertainen ja monikerroksisessa elementtirakennuksessa. Juotosliitos toteutetaan betonivaluna, jolloin betonia valetaan rakenneosien liitoksiin ja kovettuaan liitoksista tulee yhtenäiset. Valussa pitää muistaa valunjälkeinen suojaus ja mahdollinen lämmitys, etenkin talviolosuhteilla. [1, s. 105-107.]



Kuva 12. Kohteen runkotyöt valmiina ja julkisivutyöt alkamassa [28].

4 Aikataulu

Rakennushankkeen toteutuminen tavoitellussa aikataulussa edellyttää kohteen tuotannon suunnittelua, valvontaa sekä tuotannon ohjausta. Aikataulua laadittaessa käytetään lähtötietoina käytettävissä olevia suunnitelmia ja realistisia työn toteutukselle kuluva-aikaa. Tämä edellyttää huolellista perehtymistä rakennettavan kohteen asiakirjoihin, kuten suunnitelmien ja urakka-asiakirjojen läpikäymistä. Asiakirjoista ilmeneviä asioita ovat rakennushankkeelle varattu kokonaisaika, välitavoitteet, tuotanto-olosuhteet ja tuotantotekniset ratkaisut. [12, s. 18.]

Luotu aikataulu on realistinen toteutusmalli, jossa on tavoitteet tehtävien kestolle. Tehtävien kestoja määriteltäessä tietoja tarvitaan työsaavutuksista, kapasiteetista ja työmenekistä. Aikataulun laadintaa varten on oppaita ja lukemattomien rakennuskohteis-

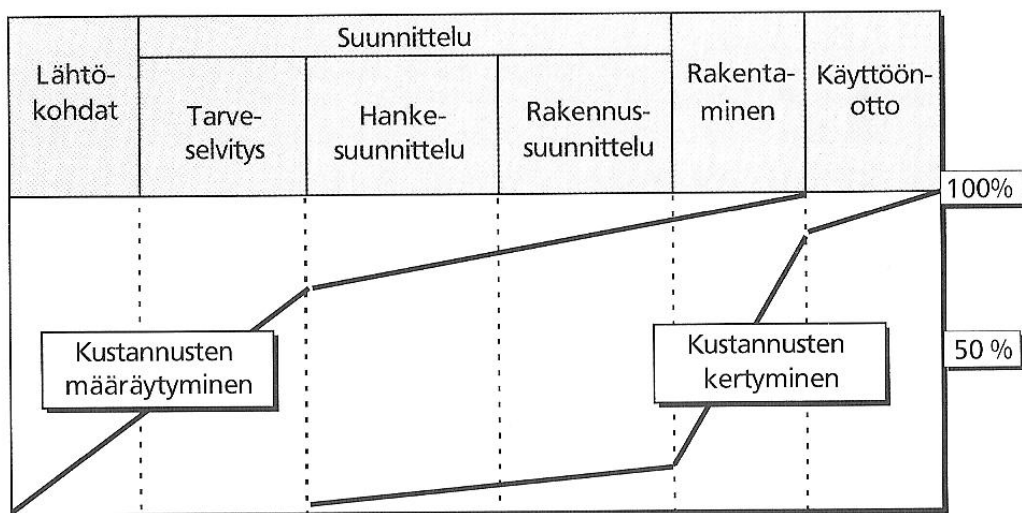
ta saatua tilastollista tietoa erilaisten tehtävien kestolle. Hyvin suunnitellussa aikataulussa työt etenevät jouhevasti.[12, s. 18-20.]

5 Kustannukset

5.1 Yleistä

Kustannustenhallinta talorakennuksessa perustuu tavoitteiden asetteluun, tavoitteiden testaukseen ja siitä saatavien tuloksien avulla päätöksiin jatkotoimenpiteistä. Talorakentamisen kustannuksien tarkastelu vaatii eri vaiheissa erilaisia menetelmiä niin suunnittelussa kuin rakentamisessakin. Tarkastelupohjalta tehdään päätöksiä, jotka ohjaavat hanketta. Tarkastelua ja testausta tehdään hankkeen eri vaiheisiin sopivalla kustannuslaskentamenetelmällä. Kustannustenhallinnalla selvitetään ja varmistetaan koko hankkeen tai sen osan taloudelliset toteuttamismahdollisuudet. [15, s.1-7.]

5.2 Rakennuskustannuksien määräytyminen



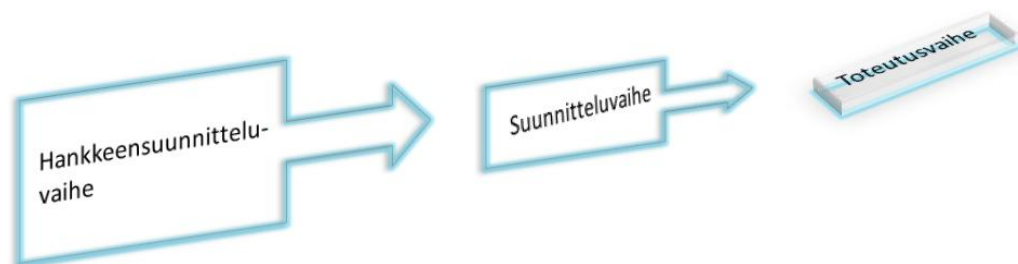
Kuva 13. Kustannusten määräytyminen ja kertyminen rakennushankkeen eri vaiheissa [13, s.9].

Talorakentamisen rakennuskustannukset määräytyvät hankkeen eri vaiheissa. Kuvassa 13 nähdään, että rakennuskustannuksiin voidaan vaikuttaa enemmän hankkeen

alku- kuin loppupuolella. Tällöin erilaisilla suunnitteluratkaisuilla on suuri merkitys tuleviin rakennushankeen investointikustannuksiin.[13, s. 9.] Investointikustannuksiin vaikuttavat muun muassa seuraavat asiat:

- Hankkeen koko
- Tilojen määrä
- Rakennuksen muoto
- Valittavat rakenneosat ja tarvikkeet
- Rakennusosien ja tarvikkeiden laatutaso.

Rakentamisen aikana suunnitellut rakennuskustannukset konkretisoituvat. Rakentamisen aikana ei kustannuksiin enää juurikaan voida vaikuttaa. Edellyttäen, että suunnitelmat ovat valmiit. [13, s. 10-11.]



Kuvio 1. Vaikuttamisen mahdollisuudet hankkeen kustannuksiin pienenevät toteutusvaihetta kohti mentäessä.

Hanke voidaan jakaa kolmeen tärkeään päävaiheeseen kustannushallinnan kannalta [kuvio 1]. Siirryttäessä vasemmalta oikealle kuvassa 16 vaikuttamisen mahdollisuudet vähenevät asteittain kohti itse rakentamista, jolloin toteutetaan aikaisemmassa vaiheessa tehtyjen suunnitelmien mukaisesti. [13, s. 9.]

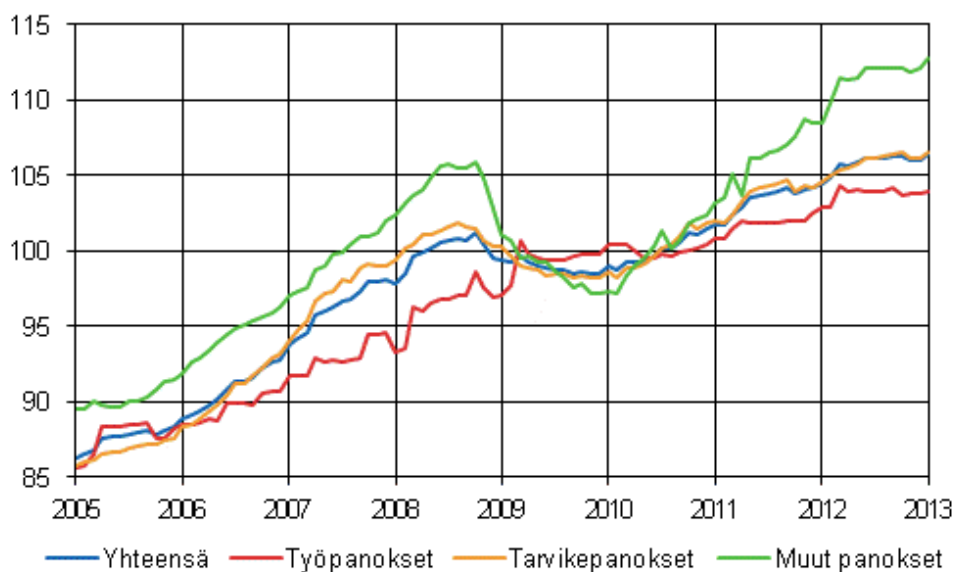
Hankesuunnitelmavaiheessa voidaan vaikuttaa eniten hankkeen kustannuksiin. Tässä vaiheessa määritetään hankkeelle laajuus- ja laatutavoitteet. Määritetyt tavoitteet asetetaan hankkeelle kustannustavoitteeksi. Voi olla myös niin, että hankkeelle ensin asetetaan kustannustavoite, jonka pohjalta voidaan suunnitella laajuus- ja laatutavoitteet. Näin tehtäessä kustannustavoite asettaa raamit, jonka mukaan tavoitteet asetetaan vastaamaan asetettua kustannustavoitetta. [13, s. 10.]

Suunnitteluvaiheessa pyritään löytämään sopivat toteutustavat, jolla päästäisiin hankesuunnitteluvaiheessa päätettyihin tavoitteisiin. Suunnitteluratkaisuja voi olla monenlaisia ja onkin tärkeää löytää hankkeelle sopivat ratkaisut. Hankkeelle epätarkoituksenmukaiset ja kalliit ratkaisut voivat lisätä kustannuksia huomattavasti, jolloin ei päästä haluttuun kustannustavoitteisiin. Onkin järkevää, että suunnittelijat tekevät yhteistyötä tilaajan ja mahdollisesti urakoitsijan kanssa kehittämällä suunnitelmia. [13, s.10.]

Toteutusvaiheen aikaisemmassa vaiheessa tehdyt ratkaisut käyvät toteen ja suunnitellut kustannukset muodostuvat. Vaikutusmahdollisuudet ovat rajalliset ja oikeastaan voidaan vaikuttaa vain kustannuksien syntyyn erilaisilla tuotantoratkaisuilla. Sopivien ratkaisuiden käyttäminen merkitsee urakan onnistumista niin aikataulullisesti, laadullisesti kuin kustannustehokkaasti. [13, s. 10-11.]

Suhdanteiden vaikutus rakennuskustannuksiin täytyy myös ottaa huomioon. Kuten taulukosta 1 voidaan todeta, kustannukset nousevat vuosittain. Vuodesta 2005 vuoteen 2008 loppupuolelle, nousua on joka vuodelle. Taantuman alettua kustannukset notkahdivat alaspäin, kuitenkin vain hetkellisesti, kunnes taas vuonna 2010 kustannukset jatkoivat kasvua nopeasti. Vuoden 2011 aikana kustannukset nousivat yli 2008 tason ja ovat jatkaneet nousuaan siitä lähtien.

Taulukko 1 Rakennuskustannusindeksi [14].

Rakennuskustannusindeksi 2010=100

Rakennuskustannukset nousivat 1,8 prosenttia vuoden 2013 tammikuussa edellisen vuoden tammikuuhun verrattuna. Rakentamisen työpanosten hinnat nousivat prosentin, tarvikepanosten hinnat 1,8 prosenttia ja muiden panosten hinnat 4,0 prosenttia vuotta aiemmasta. Tiedot käyvät ilmi Tilastokeskuksen rakennuskustannusindeksistä 2010=100. [14.]

5.3 Toteutuneiden kustannustietojen hyödyntäminen muissa hankkeissa

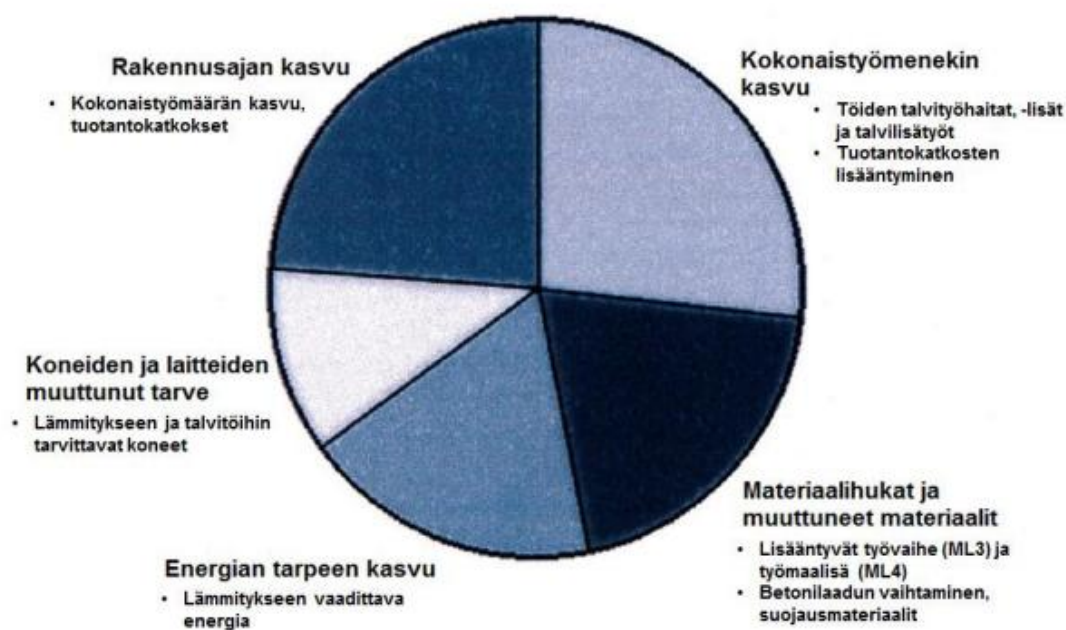
Urakoitsija saa tärkeää tietoa työmaan jälkilaskennassa, jolloin tarkastellaan, miten kustannukset muodostuivat ja onnistuttiinko kustannusten ennustamisessa kuinka hyvin. Saatua tietoa voidaan hyödyntää seuraavissa samankaltaisissa projekteissa. Saatut tiedot ovat suuntaa antavia, eikä niitä voida suoraan hyödyntää seuraavaan projektiin. Tietoja keräämällä monista toteutuneista kohteista mahdollistaa tilastollisen käsittelemisen. Tämä antaa tietoa kustannustasosta ja kustannusarvioiden tarkkuudesta. Tietoa hyväksikäyttämällä voidaan tehostaa tuotannonsuunnittelua. Kustannusvertailu tavoitellun ja toteutuneiden kustannusten välillä tehdään yleensä yrityksen laskentajärjestelmässä. [13, s. 38.]

6 Rungon toteutus talviolosuhteissa

Talviolosuhteissa rakentaminen on yleensä hitaampaa ja lisää kustannuksia. Vuoden-aika lisää niin työmenekkiä kuin rakennusmateriaalien kulutustakin. Siksi onkin tärkeää suunnitella talviolosuhteissa toteutus ja varautua talven sääolosuhteisiin. [16, s. 1.]

Talviolosuhteissa työskenneltäessä on eroja, millä tuotantotekniikoilla rakennus rakennetaan. Erot tuotantotekniikoiden talvilisäkustannuksista johtuvat runkovaiheen suoritteista, työmenekeistä ja työmenekkiä vastaavasta normaalikestosta. Eroja muodostuu paikalla valettavien- ja elementtirakenteiden työmenekeistä, talvitöistä, kalustosta ja energian tarpeesta. Talven vaikutus vähenee, kun siirrytään paikallavalettavista rakenteista valmiisiin rakenteisiin eli elementteihin. Työmaalla tehtävä työ vähenee, joten talven vaikutus ei ole niin suuri. [16, s. 9.]

Taulukko 2 Talvikustannusten muodostuminen [17, s. 15].



Talven aiheuttamia häiriöitä ja niiden muodostamia kustannusosuuksia on kuvattu taulukossa2. Kustannusten lisääntyminen talvella rakentamisessa riippuu työvaiheesta. Lisäkustannukset vaihtelevat 3-15%. Runkotyövaiheessa kustannukset lisääntyvät noin 5,5-7,5%. Kustannusten kasvuun talvella vaikuttaa olennaisesti, kuinka ankarat talviolosuhteet ovat ja onko niihin varauduttu tarpeellisin keinoin ja riittävän ajoissa. Mikäli

asiaa ei ole huomioitu riittävän hyvin tai ei ole oletettu talvenvaikutuksen olevan niin voimakas, voivat kustannukset nousta hyvinkin paljon. Varautumalla talven häiriöihin ja suunnittelemalla talvirakentamista, pyritään minimoimaan ilmenevät uudet häiriöt, jotka lisäävät kustannuksia ja voivat pitkittää aikataulua. [17, s. 15.]

Taulukko 3 Talvirakentamisen teoreettiset lisäkustannukset verrattuna kesärakentamiseen kerrostalo työmaalla [16, s. 1].

Kustannuslajit	Rakennusvaiheiden lisäkustannukset (%)		
	Perustustyövaihe	Runkotyövaihe	Sisävalmistusvaihe
Työmenekkilisä	2,6...2,9	0,6...0,7	–
Materiaalilisä	1,7...3,7	0,6...1,9	–
Energialisä	0,9...1,0	1,2...1,4	2,8...3,2
Kone- ja kalustolisä	1,8...2,2	1,2...1,4	0,1...0,2
Talvilisätyöt	1,6...1,8	0,7...0,9	0,2...0,4
Aikakustannuslisä	2,0...2,2	1,0...1,2	–
Yhteensä	13...15	5,5...7,5	3,3...3,7

Talvirakentamisen lisäkustannukset prosentteina verrattuna kesäajan rakentamiseen on esitetty taulukossa 3. Vaikutus runkotöihin on noin 5,5-7,5 % luokkaa. Tämä tarkoittaa, että talvella tapahtuvaan rakentamiseen täytyy lisäkustannuksiin varautua jo toteutusta suunnitellessa. Menetelmiä on monia, mutta menetelmät aiheuttavat lisäkuluja.



Kuva 14. Rakenteiden sääsuojaus talviolosuhteilla [28].

Talven aiheuttamia lisääntyviä työmenekkejä ja kustannuksia voidaan pienentää sääsuojauksilla. Työmaasta riippuen valitaan, millaisia sääsuojauksia käytetään. Suojaus ei saa estää materiaalien siirtoa, mutta on kuitenkin oltava riittävän tiivis, jotta suojauksesta olisi jotain hyötyä. Kuvassa 14 on tutkittavassa kohteessa käytettyjä sääsuojauksia. Suojaukset on laskettu ylemmistä kerroksista peittäen alemman kerroksen. Suojalla estetään lumen satamisen sisään ja lämmön pitämisen sisällä. [16, s. 11.]



Kuva 15. Rakenteiden lämmitys talvella kaasusäteilijällä [28].

Talvella tehtäviin betonitöitä varten varaudutaan lämmityskalustolla. Kuvassa 15 on kohteessa käytetty lämmityskalusto. Runkovaiheen lämmitysmenetelmiä voivat olla seuraavanlaiset:

- Puhaltimet
 - Sähköpuhaltimet
 - Kaasupuhaltimet
 - Polttoöljypuhaltimet
 - Kiertovesipuhaltimet
- Säteilijät

- Kaasusäteilijät
- Sähkösäteilijät
- Lankalämmitys
- Muottilämmitys.



Kuva 16. Lumi- ja jäätyöt [28].

Talvilisätyöt aiheuttavat keskeytyksiä rakentamiseen ja lisätöitä. Niihin joudutaan varautumaan. Lumitöitä joudutaan tekemään, jotta päästäisiin itse rakentamiseen. Holville satanut lumi joudutaan poistamaan kolaamalla ja lumipussia hyväksikäyttämällä [kuva 16] nostamalla se torninosturilla pois. [16, s. 4-5.]



Kuva 17. Valun jälkeinen suojaaminen [28].

Talvella tehtävissä betonoinnissa valun jälkeinen suojaaminen [kuva 17] edesauttaa betonin lämpimänä pitämistä ja näin takaa osittain lujuudenkehityksen. Suojaus voidaan toteuttaa eristepeitteellä tai muulla vastaavalla. Peite estää lämmön karkaamisen betonista ja näin estää lämpötilaeroista johtuvien halkeamien muodostumista. Suojaaaminen tulisi tehdä mahdollisimman nopeasti valun jälkeen, jotta suojasta olisi mahdollisimman suuri hyöty. Betonointia tehtäessä massa on lämmin ja näin peitteen asettaminen pitää massan lämpötilan karkaamisen mahdollisimman pitkään. [16, s. 11.]

7 Vertailu

Luvussa vertaillaan paikallavalu- ja elementtirungon toteutustapoja keskenään. Elementtitoteutuksesta on työmaalla toteutunutta tietoa, sillä rungon korotusosa toteutettiin tällä menetelmällä. Paikallavalutoteutustavan tieto on otettu urakan suunnitteluvaiheessa tehtyjen suunnitelmien perusteella ja haastattelujen [18; 19; 20] avulla on selvi-

tetty, miten paikallavalurakenteinen runko olisi toteutettu. Kuvassa 18 korotetun rungon työt päätyneet.



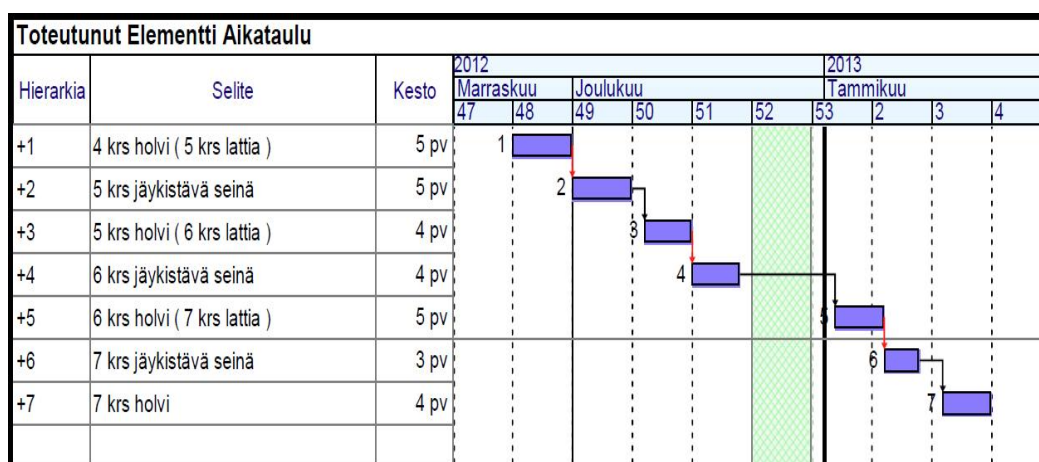
Kuva 18. Rungon korotus valmistunut [28].

7.1 Aikataulu

Aikatauluvertailussa vertaillaan toteutunutta tuotantoaikataulua [kuva 19] suunniteltuun paikallavalurakenteiseen aikatauluun [kuva 20]. Vertailussa keskitytään työmaalla kuluvaan rakennusaikaan rungon osalta. Vertailuissa ei ole otettu huomioon runkoratkaisuiden suunnitteluun tai elementtien valmistukseen kulunutta aikaa. Molemmissa aika-

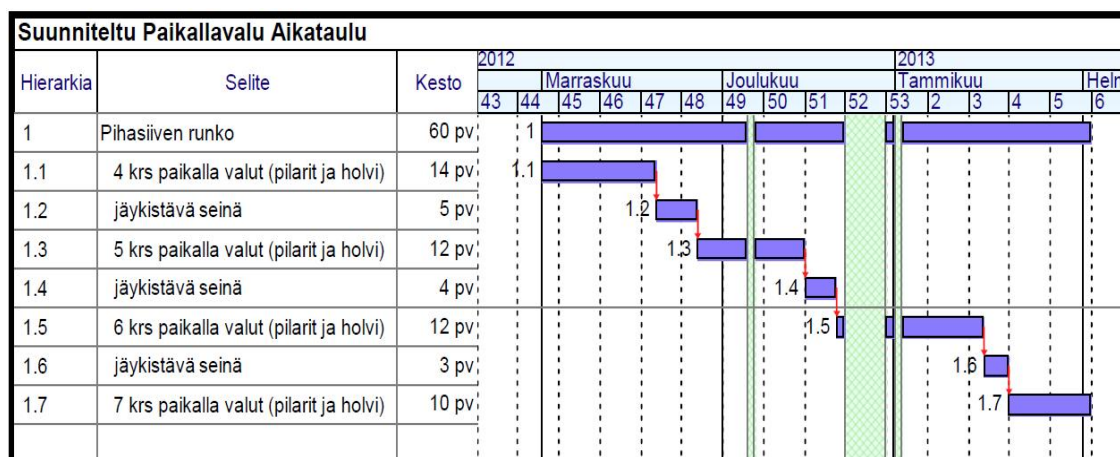
tauluissa on huomioitu aika, jolloin työmaa oli kiinni. Molemmissa aikatauluissa rakennusaika sijoittuu talviaikaan.

Elementtirungon toteutunut työvaihe aikataulu on esitetty kuvassa 19. Tarkempi aikataulu, jossa on esitetty kunkin kerroksen työvaiheet, on esitetty liitteessä 4. Kokonaiskesto runkotöille tuli kahdeksan viikkoa, kun otetaan huomioon aika, jolloin työmaa oli kiinni. Kestoksi saatiin 30 työpäivää. Työ etenivät siten, että ensin tuli tehdä jäykistävä seinä paikallavalurakenteisena, jonka jälkeen voitiin aloittaa elementtiasennukset. Runkoon asennettiin kahden kerroksen pituiset teräspilat ja deltapalkit, Holvirakenne muodostui asennettavasti ontelolaatoista, joita deltapalkit kannattelivat.



Kuva 19. Toteutunut elementtirakenteisen rungon tuotantoaikataulu [21].

Paikallavalurakenteisena suunniteltu toteutusaikataulu on esitetty kuvassa 20. Kokonaiskesto runkotöille tuli 13 viikkoa, kun otetaan huomioon aika, jolloin työmaa oli kiinni. Runkotöiden kokonaiskestoksi on saatu 60 työpäivää. Rungon työt olisivat edenneet samalla tavalla, eli ensin jäykistävä seinä ja tämän jälkeen pilat, palkit ja holvi.



Kuva 20. Paikallavalu aikataulu 60 pv[22].

Aikatauluja tulkitsemalla elementtirakenteisen kokonaiskesto on noin kuusi kalenteriviikkoa nopeampi. Paikallavaluna runkotyöt olisivat voineet alkaa noin kolme viikkoa aikaisemmin, mutta toisaalta saatu päätökseen myöhemmin. Molemmissa vaihtoehdoissa jäykistävä seinä olisi toteutettu paikallavalurakenteisena. Elementtirakenteisena tuotantotaiakataulu on selvästi nopeampaa. Työtä nopeutti erityisesti elementtien nosto suoraan paikoilleen.

7.2 Kustannukset

Elementti- ja paikallavalurakentamisen kustannuslaskelmat on esitetty korotettavan rungon osalta. Laskelmissa on esitetty työ- ja materiaalikustannukset. Työ suoritettiin aliurakoitsijalla, joten kustannukset muodostuivat materiaali- ja alihankintakustannuksista. Vertailuna toteutuneille kustannuksille käytetään kohteeseen tehtyä kustannuslaskelmaa paikallavalutyönä. Kustannus- ja yksikköhintatiedot on saatu Peab:in kustannusjärjestelmästä.

Kustannuslajit muodostuivat alihankinta- ja materiaalikuluista. Taulukossa 4 on esitetty toteutuneet kustannukset korotetun rungon osalta. Laskelmiin on kerätty kaikki kustannukset, jotka on kohdistettu korotetun rungon litteralle. Taulukossa on eriteltynä suurimmat yksittäiset rakenneosien ja työn kustannukset. Muun materiaalin suurin yksittäinen kustannus on raudoitteet. Kustannuslaskelmissa ei ole huomioitu talven aiheuttamia lisätoita, kuten lämmitys- tai suojauskuluja, muuten kuin saumavalujen yhteydessä

käytettyjä betoninlämmityslankoja. Talven aiheuttamia lisäkuluja on pohdittu kappaleessa 7.4.

Taulukko 4 Toteutuneet kokonaiskustannukset elementtirakenteisen rungon osalta [23].

Elementti - Toteutunut	
Työ	55 839 €
Pilarit/Palkit	62 404 €
Betoni	14 254 €
Muu materiaali	23 833 €
Ontelot	26 300 €
Yhteensä	182 630 €

Taulukossa 5 on esitetty, mitä rungon toteutus olisi tullut maksamaan, jos se olisi toteutettu paikallavalutyönä. Laskelmia paikallavalun osalta ei voi täysin pitää luotettavina, sillä hintatiedot ovat kustannuslaskelmavaiheessa tehtyjä kustannuslaskelmia, muuten paitsi betonoinnin kustannukset on päivitetty kyseiseen taulukkoon. Betonointihinnottelussa oli laskentavaiheessa käytetty arviota, mutta taulukossa 2 on käytetty kohteessa toteutunutta hintaa per kuutiolle. Kustannuslaskelmavaiheessa betonin hinnaksi oli merkitty liian alhainen kustannus, jotta se olisi ollut vertailukelpoinen. Hintatiedon päivittämisellä saadaan tarkempaa tietoa, mitä kustannukset olisivat mahdollisesti olleet.

Taulukko 5 Suunnitellut paikallavalurakenteisen rungon kustannukset [22].

Paikallavalu - Kustannuslaskelma	
Muottityö	91 163 €
Raudoitus	62 419 €
Betonointi	56 157 €
Jälkityöt	6 325 €
Jäykistysristikko	4 014 €
Yhteensä	220 078 €

Vertailemalla kahta eri toteutustapaa taulukossa 6, saadaan selville, mikä olisi mahdollisesti ollut menetelmien kustannuserotus. Vertailuna on menetelmien kokonaiskustannukset.

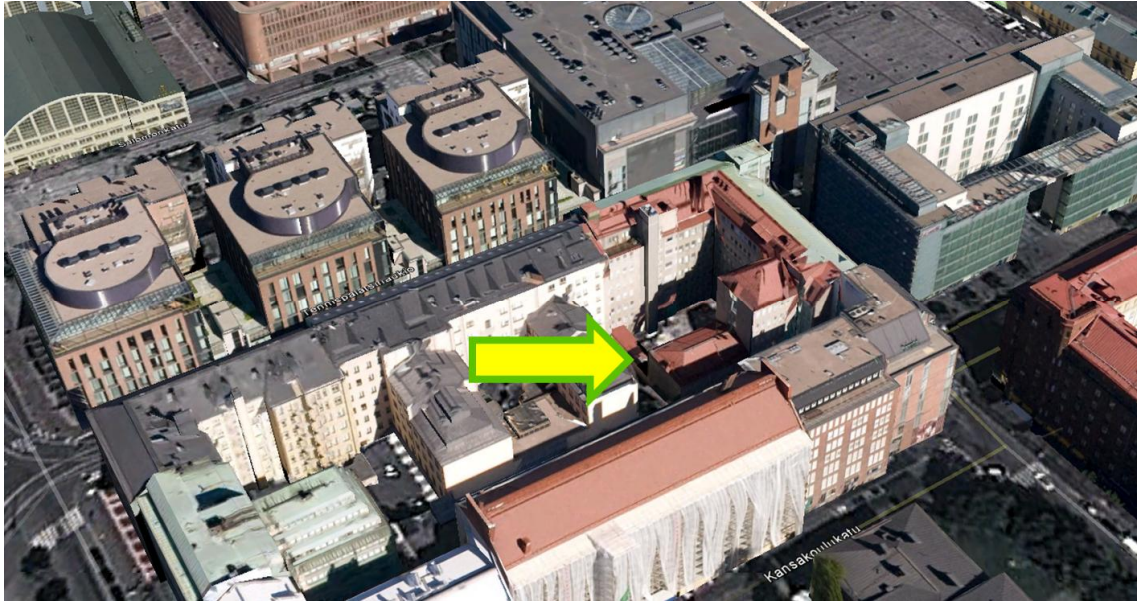
Taulukko 6 Runkoratkaisuiden kustannusvertailu

Vertailu		
Elementti	- Toteutunut	182 630 €
Paikallavalu	- Kustannuslaskelma	220 078 €
Erotus		-37 449 €

Rungon toteutus paikallavalurakenteisenä olisi tullut kustannuslaskelman mukaan noin 37 500 € kalliimmaksi kuin elementtirakenteisena. Tällöin kustannukset olisivat olleet noin 17% suuremmat kuin toteutuneella elementtirakenteisena. Tämä tarkoittaa, että se olisi siis ollut noin 1/5 kalliimpi, mitä voidaan pitää merkittävänä.

7.3 Logistiikka ja siirrot

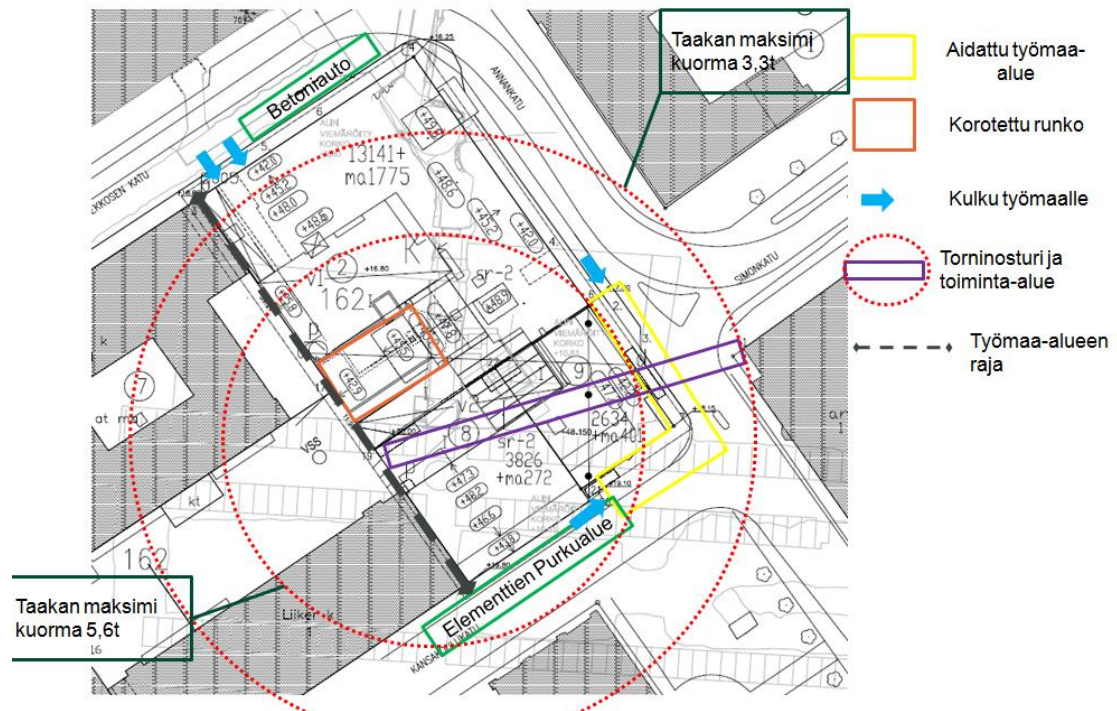
Työmaa sijaitsi logistisesti haastavassa paikassa aivan Helsingin ydinkeskustassa, mikä loi haasteita työmaalle tuleviin tavarankuljetuksiin ja muutenkin työmaaliikenteeseen. Työmaa-alueen rajaa kolmelta sivulta autotie, jossa kahdella liikennöi autojen lisäksi myös raitiovaunuja ja busseja. Katujen sulkeminen mahdollisten kuljetusten takia ei olisi ollut mahdollista. Toinen asia, joka loi haasteita logistiikalle, oli työmaa-alueen ahtaus rakennusmateriaalien varastoinnille. Tilaa suurille tavaraerien varastoinnille ei ollut mahdollista. Kuvassa 21 on esitetty korotettavan rakennuksen sijainti. Runko sijaitsee kiinteistön sisäpihalla.



Kuva 21. Nuoli osoittaa korotettavaa toimistorakennusta [24].

Kuvassa 22 on esitetty työmaan aluesuunnitelmasta osa, joka kuvaa korotettavan rungon materiaalin siirrot. Elementtiasennus tapahtui torninosturin avulla ja ne nostettiin suoraan kuljetusrekan kyydistä. Saumavalujen betonipumppausauto oli vastakkaisella työmaa-alueen reunalla.

Työmaan aluesuunnitelma



Kuva 22. Työmaan logistiikka [25].

Paikallavalurakenteisessa rungossa yksi merkittävimmistä logistisista haasteista olisi ollut muottikaluston siirto. Tilaa työmaalla varastointiin ei ollut ja näin elementtirakenteisena selkeänä etuna voidaan pitää elementtien nopeaa asennusaikaa.

7.4 Talvirakentaminen

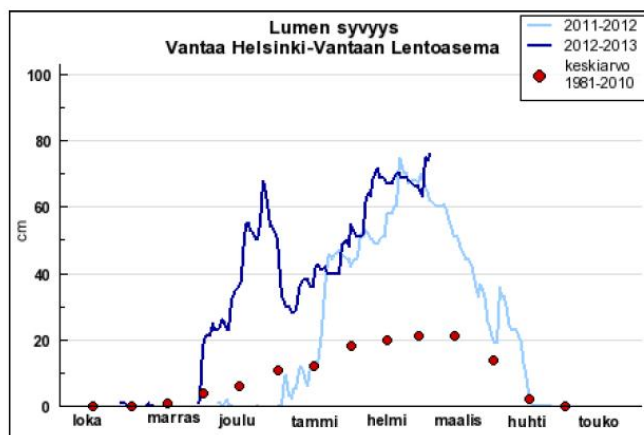
Talvirakentaminen aiheuttaa aina haasteita rakentamiselle. Talven aiheuttamiin häiriöihin voidaan vaikuttaa valittavalla tuotantotavalla. Elementti- ja paikallavalumenetelmällä on erilaiset vaikutukset talvenlisätöihin. Taulukossa 7 on esitetty lumensyvyyttä talvena aikana. Mittauspaikka on lähellä tutkittavaa kohdetta, joten lumen määrää voidaan pitää suuntaa antavana. Lunta on satanut paljon verrattuna keskiarvoon.

Paikallavalutoteutuksessa olisi ollut huomattavasti enemmän suojattavaa kuin elementtiratkaisussa. Suojaus olisi mahdollisesti tehty telineillä, joka olisi nostanut kustannuksia. Kustannuksia olisi nostanut myös betonivalujen lämmityskustannukset. Paikallava-

lutyössä betonimassan lämpimänä pito on ehdottoman tärkeää, jotta betonimassan lujuudenkehitys jatkuisi.

Taulukko 7 Lumen syvyys [26].

Talven 2012-2013 lumet



8 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli vertailla toimistotalon olemassa olevan rungon korotusta lisäkerroksilla elementti- ja paikallavalurakenteisena. Aiheeseen perehdyttiin valitun kohteen avulla. Kohteessa toimistotalon runko toteutettiin elementtirakenteisena, mutta molemmista runkoratkaisuista oli tehty suunnitelmat. Näitä suunnitelmia ja toteutunutta tietoa hyväksikäyttäen tehtiin vertailu. Vertailua tehtiin runkojärjestelmien kustannus- ja aikataulueroista tuotannon näkökulmista. Kohteen hankala logistinen sijainti ja runko- töiden ajoittuminen talvelle otettiin myös huomioon vertailussa.

Vertailun tuloksina saatiin selville, että elementtirakenteisen rungon toteutus oli parempi vaihtoehto tässä kyseisessä kohteessa. Aikataulullisesti elementtirakenteinen rungon toteutus olisi ollut puolet nopeampi. Kustannusvertailussa saatiin elementtirakenteinen runko 17 % halvemmaksi vaihtoehdoksi.

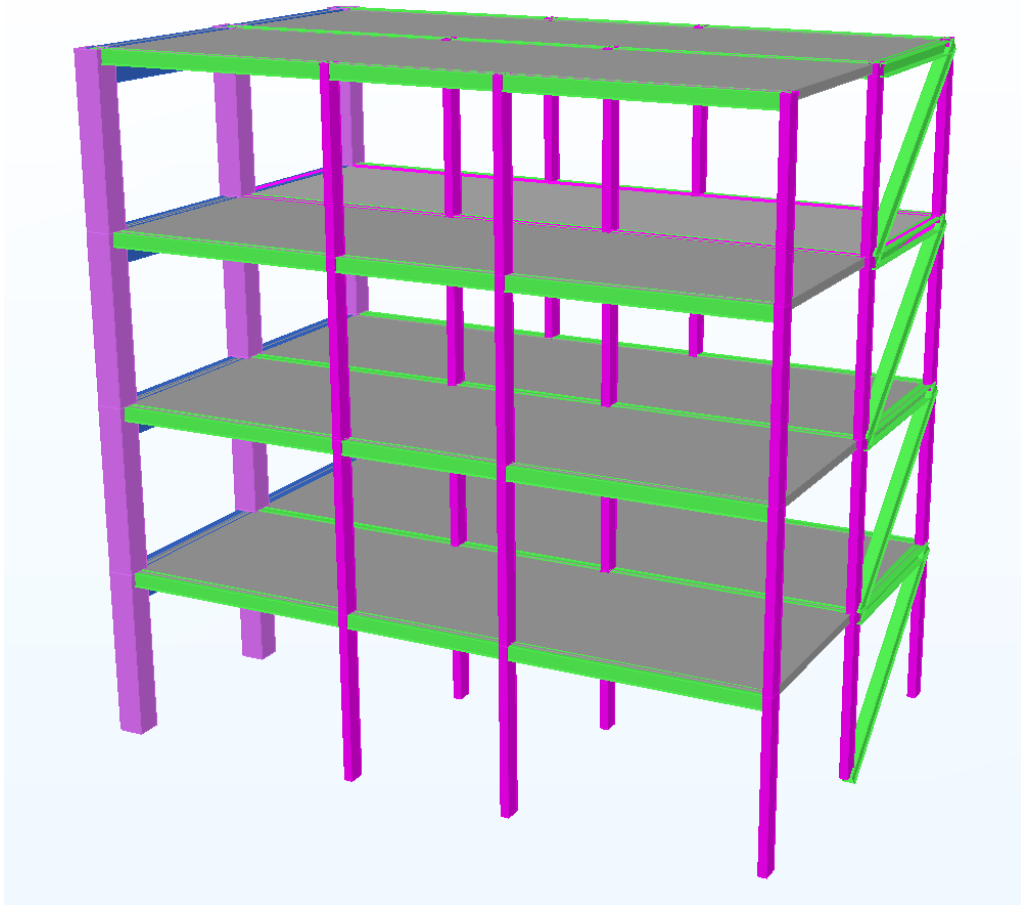
Saatuja tuloksia ei voida pitää täysin selvänä, sillä paikallavalurakentamisen osalta luvut ja suunnitelmat pohjautuvat olettamuksiin. Menetelmien täysin tarkka eroavaisuus saataisiin vain, mikäli olisi kaksi samanlaista rakennusta samalla tontilla ja rungot to-

teutettaisiin molemmilla menetelmillä. Näin molemmista saataisiin toteutunutta tietoa, joita vertailemalla päästäisiin käsiksi paikkansapitäviin eroavaisuuksiin. Tutkimuksen jatkona voisi tällaisesta kohteesta tehdä tarkemman vertailun.

Kohteessa toteutus onnistui hyvin, mutta ongelmia olisi voinut myös tulla. Sijainti oli haastava, sillä torninosturin huippu oli korkealla, joten kovin tuulisella säällä ei nostoja olisi voinut suorittaa. Tällaisia tuulisia päiviä ei kuitenkaan toteutusajankodassa esiintynyt. Jos rungontyöt olisivat ajoittuneet kesään, ei paikallavalurakenteisen rungon toteutuksessa olisi ollut niin paljon haasteita.

Kohde ei ollut optimaalinen toteuttaa elementeistä, koska rakennelmaan täytyi tehdä joka tapauksessa jäykistävä rakenne paikallavalutyönä. Sekoittaessa runkojärjestelmiä, joutuu prosessoimaan molemmissa eri työvaiheet. Kohteessa toteutuksen mahdollisti käytettävissä ollut aliurakoitsija, jolla oli työvoimaa ja tietotaitoa suorittaa molemmat työvaiheet eli jäykistävän seinän paikallavaluosuuden ja elementtiasennuksen. Paikalla oli myös teräsurakoitsija, joka asensi elementtiasennuksen yhteydessä teräsrakenteet ja suoritti hitsaustyöt. Keskeinen yhteistekijä onnistumiselle oli saumaton yhteistyö aliurakoitsijoiden kesken ja pääurakoitsijan työnohjaus.

Käytettävät menetelmät on mietittävä aina tapauskohtaisesti. Tulevaisuudessa ahtaat työmaat kaupunkien keskustoissa tulevat lisääntymään, kun kaupunkien rakennukset ikääntyvät. Rakennuksien käyttötarkoitukset muuttuvat ja rakennuksiin halutaan lisää toimintaa. Rakennuksien toteutusvaihtoehdot voitaisiin mallintaa, jolloin toteutuksen suunnittelu helpottuisi. Valitun kohteen rungon korotuksen mallinnus esitetty kuvassa 23.



Kuva 23. Havainnollistava kuva rungon korotusosasta tuotemallinnuksen avulla [27].

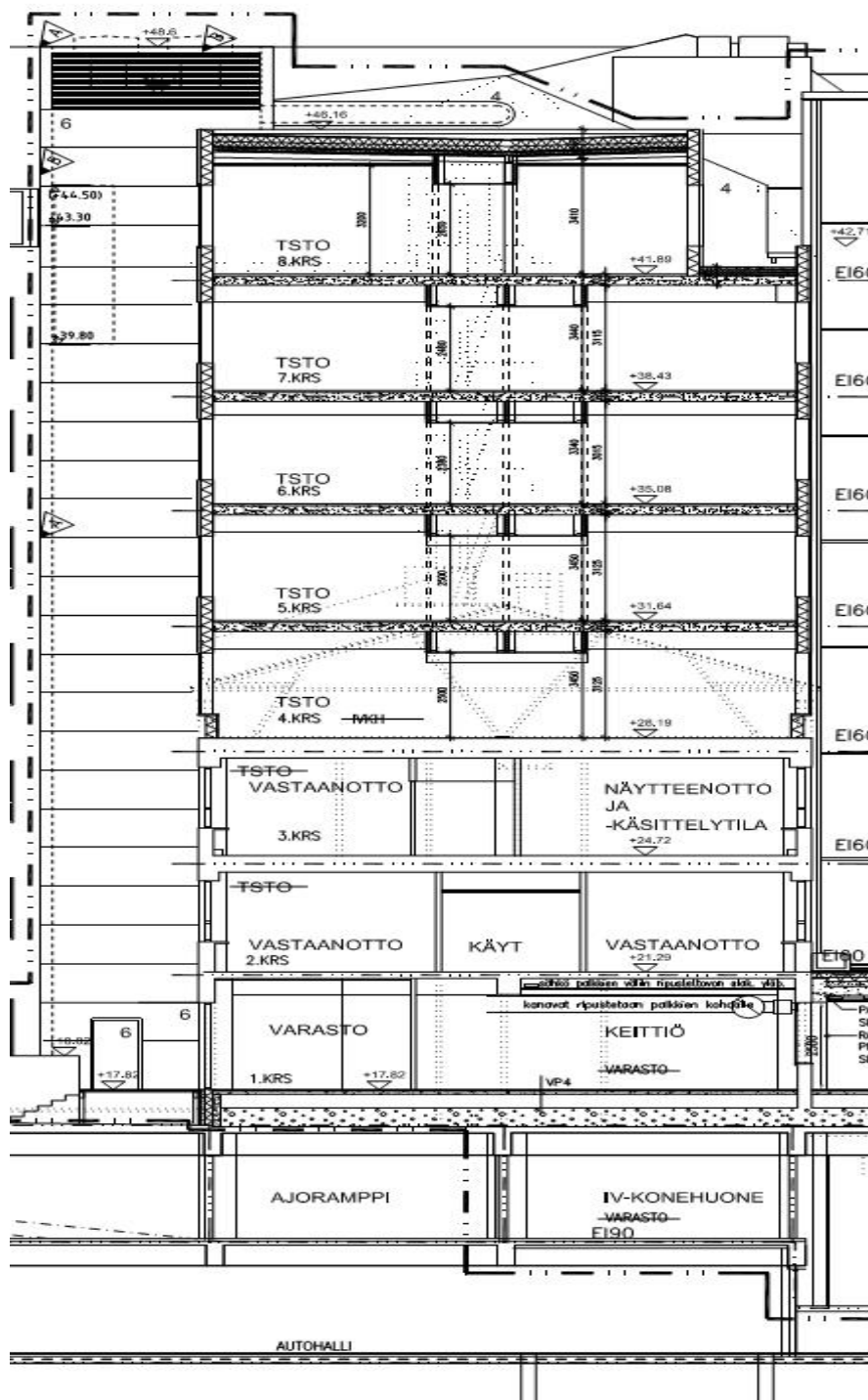
Lähteet

- 1 Koski, Hannu. 2010. Rakentamisen tuotantotekniikka. Helsinki: Rakennustieto
- 2 Rakenteiden lujuus kantavat rakenteet. 1990. Suomen rakentamismääräyskoelma, osa B2. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- 3 Kestävä kivitalokirja- Paikallarakentamisen tietosivu. Verkkosivu.
<<http://www.kivitalo.fi/runkosuunnittelu/rungon-valinnan-avainasiat.html>>Luettu 21.1.2013.
- 4 RT - ohjetiedosto 10-10387 Talonrakennushankkeen kulku. 1989. Rakennustietosäätiö.
- 5 RT - ohjetiedosto 82-10814 Paikallavaletut Betonirunkorakenteet. 2004. Rakennustietosäätiö.
- 6 BY 201 Betonitekniikan oppikirja. 2004.
- 7 Kestävä Kivitalo-työryhmä. 2006. Kestävä kivitalo. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy
- 8 Betoni tietosivu. 2013. Verkkodokumentti. Betoniteollisuus ry.
<<http://www.betoni.com>>. Luettu 22.1.2013.
- 9 RT- ohjetiedosto 82-10821 Betonielementtirunkorakenteet. 2004. Rakennustietosäätiö.
- 10 Elementtisuunnittelu tietosivu. 2013. Verkkodokumentti
<<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/liittorakenteet>>. Luettu 25.1.2013.
- 11 Deltapalkki - Liittopalkki. 2013. Verkkodokumentti.
<<http://materials.crasman.fi/materials/extloader/?fid=9857&org=2&chk=18391f1>>. Luettu 1.2.2013.
- 12 Lindberg, Rita. Kosken, Vesa. Mäki, Tarja. 2012. Ratu Aikataulukirja 2013. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 13 Lindholm, Mika. 2009. Kustannushallinta rakennushankkeessa. Helsinki: Suomen Rakennusmedia.

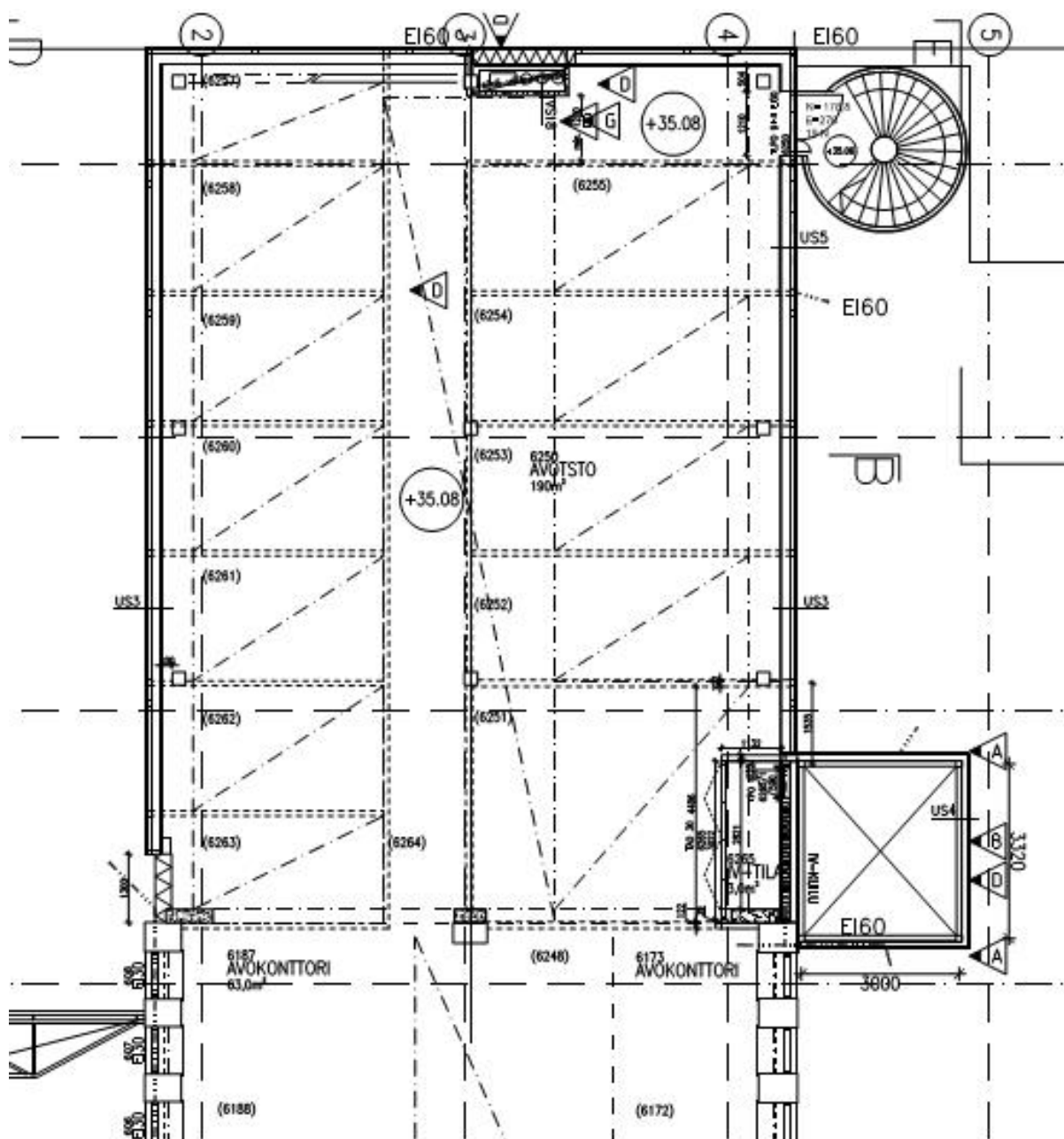
- 14 Rakennuskustannusindeksi tammikuu. 2013. Verkkodokumentti. Tilastokeskus. <http://www.stat.fi/til/rki/2013/01/rki_2013_01_2013-02-15_tie_001_fi.html>. Luettu 1.2.2013.
- 15 Enkovaara, Esko. Haveri, Heikki. Jeskanen, Pekka. Ratu Rakennushankkeen kustannushallinta. 2000. Helsinki: Rakennustieto.
- 16 Ratu C8-0377 Talvityöt ja -kustannukset. 2010. Helsinki: Rakennustieto.
- 17 Saarikivi M, Kankainen J. 1989. Vuodenajan kustannusvaikutukset rakennus-tuotannossa. Espoo: TKK Rakentamistalous.
- 18 Vehmaa, Tero. 2013. Työpäällikkö, Peab Oy, Helsinki. Keskustelu 3.4.2013.
- 19 Laakeristo, Ilkka. 2013. Työmaainsinööri, Peab Oy, Helsinki. Useita keskusteluja keväällä 2013.
- 20 Uusikangas, Ari. 2013. Työnjohtaja, runkotyönjohtaja, Arikoli Oy. Helsinki. Keskustelu 4.3.2014
- 21 Rakennushankkeen elementtiasennuksen työvaihe aikataulu. 2012. Peab Oy.
- 22 Rakennushankkeen suunnitelma asiakirjat. 2012. Peab Oy.
- 23 Kustannusjärjestelmä. 2013. Peab Oy.
- 24 Työmaansijainti. 2013. Verkkodokumentti. GoogleMaps. <<http://maps.google.fi/>>. Helsinki.
- 25 Työmaan elementtiasennuksen logistiikka suunnitelma. 2012. Peab Oy.
- 26 Talven 2013-2014 sää. 2013. Verkkodokumentti. Ilmatieteen laitos. <<http://ilmatieteenlaitos.fi/talvitilanne>>. Luettu 1.4.2013.
- 27 Korotetun rungon tuotemallinnus. 2013. Ville Luoma.
- 28 Kampin Huippu. 2013-2012. Kuvia valitusta kohteesta. Ville Luoma.
- 29 Peab Oy yritys. 2013. Verkkodokumentti. Peab Oy. <<http://www.peab.fi/Peab-yrityksena/>>. Luettu 20.1.2013.

Rakenneleikkaus

Leikkauskuva korotettavasta osasta. Poistettava vesikatto on merkitty kuvaan pistekatkoviivalla.



Pohjakuva korotusosan kerroksesta



Elementtirunko aikataulu

Elementtirungon toteutusaikataulu.

